

Тесля Юрій Миколайович

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри технологій управління, orcid.org/0000-0002-5185-6947
Національний авіаційний університет, Київ

Заспа Григорій Олександрович

Старший викладач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем, orcid.org/0000-0001-8726-7100
Черкаський державний технологічний університет, Черкаси

РОЗРОБКА КОНЦЕНТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

***Анотація.** Сучасні світові тенденції розвитку освіти спрямовані на цифрову трансформацію освітніх закладів. Традиційні підходи до інформатизації закладів вищої освіти через їхню автоматизацію вже не відповідають вимогам часу. Тому необхідні нові підходи, в основі яких діджиталізація освітніх процесів, спрямована на створення цифрових університетів. Для цього в рамках роботи було досліджено сучасний стан використання інформаційних систем в закладах вищої освіти та проблематику цифрової трансформації ЗВО. Було виявлено проблему розрізненості інструментів автоматизації, що не дає змоги ефективно реалізувати проекти діджиталізації, створити єдину систему побудови цифрових університетів. Запропоновано вирішувати проблему цифрової трансформації ЗВО на основі використання розробленої в рамках цього дослідження концентричної інформаційної технології, яка інтегрує всі інформаційні бази, методи та засоби розв'язання функціональних завдань в єдиний цифровий простір задля максимального забезпечення інформаційних потреб закладів вищої освіти. Ця технологія базується на розроблених в рамках дослідження: 1) концентричній моделі інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО, яка дає змогу інтегрувати методи і засоби управління інформацією задля створення єдиного цифрового простору ЗВО; 2) функціонально незалежному методі управління інформацією закладів вищої освіти, який допомагає створювати універсальні інструменти інформатизації, які є незалежними від складу і специфіки побудови створюваних засобів розв'язання функціональних завдань; 3) методах міжшарової інформаційної взаємодії, що забезпечують відображення в процесах кожного з шарів змін в інформаційному середовищі сусідніх шарів. Результати дослідження використані при побудові інформаційно-аналітичної системи підтримки освітньої діяльності університету, яка розроблена та впроваджена в Черкаському державному технологічному університеті.*

Ключові слова: цифрова трансформація; заклади вищої освіти; концентрична інформаційна технологія; управління інформацією

Вступ

Світові тенденції розвитку як освіти, так і управління освітніми закладами спрямовані на перехід до цифрової трансформації. Це означає, що всі процеси навчання, наукових досліджень, господарської роботи, управління та інших видів діяльності повністю мають переходити в цифрове середовище. Це – вимога часу, яка пов'язана з необхідністю підготовки все більшої кількості фахівців з вищою освітою. Без цифрової трансформації заклад вищої освіти неспроможний організувати якісний освітній процес, дистанційну роботу своїх підрозділів, неспроможний нормально функціонувати, що негативно впливає на студентів, викладачів, співробітників [1].

Традиційні підходи до автоматизації діяльності ЗВО вже не відповідають вимогам часу.

Автоматизовані системи навчання, управління, обліку і т.д. не тільки не вирішують всіх завдань ЗВО, вони ще й розділяють інформаційний простір по окремих «комірках» відповідно до тих функціональних завдань, для вирішення яких потрібна та чи інша інформація. Зазвичай це розрізнені інструменти, які не об'єднані в єдину систему розв'язання функціональних завдань ЗВО. Отже, такий підхід не дає змоги ефективно реалізувати проекти діджиталізації, створити єдину систему побудови цифрових університетів. Потрібні нові підходи, нові концепції цифрової трансформації закладів вищої освіти. Такі підходи допоможуть об'єднати всі процеси створення і використання програмно-інформаційних засобів задля побудови цифрових університетів.

Тому виникає актуальна наукова задача, яка полягає в розробленні такої концепції діджиталізації

закладів вищої освіти, яка б інтегрувала системний, процесний і проектний підходи задля створення методів, моделей і практичних інструментів розбудови цифрових університетів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сама ідея впровадження принципів, на яких базується цифрова трансформація, не є новою. Ще в [2] було описано "безпаперову технологію", сутність якої полягає в комплексній автоматизації управлінської діяльності, що приводить до того, що велика частина інформаційних потоків проходить поза людиною і оброблюється автоматично. До думки про "неунікненність безпаперової технології організаційного управління автор прийшов в основному ще на початку 60-х років". Прямо зазначалось, що резерви зростання продуктивності праці при традиційному управлінні швидко вичерпуються через наявність в ній вузьких місць, що визначаються пропускнуою здатністю людської ланки.

З того часу розвиток апаратних і програмних засобів мав пройти великий шлях, щоб відбулась якісна зміна підходів і понять в галузі цифровізації. У [3] та [4] робиться наголос на важливості використання системотехнічних підходів (системного підходу, системного проектування) у побудові комп'ютерних систем, а також описується концепція "чотирьох І" – напрямку розвитку комп'ютерних систем: інформатизація, інтелектуалізація, інтеграція та індивідуалізація, що наразі втілюється в рамках концепції Індустрія 4.0.

З розвитком інформаційних технологій постало питання їх використання не лише для автоматизації операцій з інформацією, що традиційно виконувалися людьми, а і впливу інформаційних технологій на організаційні процеси на підприємствах і установах. Почали з'являтися нові інтеграційні підходи. Зокрема, в [5] було запропоновано нове системне проектування як інтеграцією підходів бізнес-реінжинірингу, нових інформаційних технологій і методів обліку "людського фактора", що допомагають проектувати бізнес-процеси і інформаційну архітектуру ІС, як інтегровані людино-машинні системи, в яких ІС безпосередньо може впливати на бізнес-процеси, приводячи часом до їх трансформації. Проста автоматизація виконуваних функцій без впливу на організаційну структуру і складні процедури, які відображають функціонально орієнтоване середовище типу "команда – контроль", стали вважатися застарілим підходом. Тільки постійне організаційне навчання і ефективне керування знаннями стало забезпечувати стратегічний поступ і здатність підтримувати стратегічну конкурентоздатність. Перебудова бізнес-процесів

компанії за допомогою впровадження нових інформаційних технологій стало тим фактором, який може суттєво підвищити і операційну ефективність, і стратегічну успішність бізнесу загалом [6].

Будь-який доволі складний бізнес-процес може включати п'ять елементів, які мають бути предметом уваги при розробленні інформаційної системи: планування, здійснення діяльності, реєстрація фактичної інформації, контроль і аналіз, ухвалення рішень [7]:

1) планувати можна як саму діяльність, так і показники ефективності процесу;

2) моделі, що описують діяльність, повинні мати входи від усіх інших елементів (планові і облікові дані, дані аналізу, управлінські рішення);

3) група функцій з реєстрації фактичної інформації щодо виконання процесу (на практиці це, як правило, функції обліку – управлінського, складського, бухгалтерського);

4) функції з контролю і аналізу виконання планових показників;

5) функції ухвалення управлінських рішень у рамках процесу, які поєднують у собі елементи оперативного і стратегічного управління.

Відсутність хоча б одного з указаних елементів в бізнес-процесі призводить до поганої керованості (некерованості) і неефективності системи. Тому інформаційна система має охоплювати всі дані функції з одного боку і впливати на всі дані функції з іншого, змінюючи технологію їх виконання за потреби [8].

Термін "цифрова трансформація" виник внаслідок еволюції ідей "безпаперової інформатики", "реінжинірингу бізнес-процесів" тощо. Цей термін можна розглядати у вужчому та ширшому сенсах. У вужчому сенсі він робить наголос на заміні нецифрових (або ручних) процесів цифровими процесами або заміні старих цифрових технологій на новіші технології. У ширшому сенсі робиться наголос на трансформації підприємства чи організації. У [9] виокремлюються чотири типи цифрової трансформації: бізнес-процесів, бізнес-моделі, домену та організаційно-культурна трансформація. В [10] робиться наголос на трансформаційній складовій: цифрова трансформація стосується еволюції основоположних практик ведення бізнесу в організації з використанням технологій та даних, тобто це повна трансформація бізнесу. Робота [11] розглядає цифрову трансформацію як процес, коли технології створюють різкі зміни в роботі, що викликають стратегічні реакції організацій, які прагнуть змінити свої шляхи створення цінних для ринку продуктів, одночасно керуючи структурними змінами і організаційними бар'єрами, що впливають на результати цього процесу.

В 2019 р. рух у напрямі цифрової трансформації в Україні став пріоритетом державної політики. Було створено Міністерство цифрової трансформації, завданням якого є: активізувати та організувати дії в напрямі цифрової трансформації у сфері державного управління, державних послуг та інших сферах життя. Серед основних завдань Міністерства є формування та реалізація державної політики у сферах цифровізації, цифрового розвитку, цифрових інновацій та розвитку інформаційного суспільства. Серед завдань міністерства зазначено не лише сприяти впровадженню у державних органах і органах місцевого самоврядування технологій цифрових трансформацій, але і координувати діяльність центральних та місцевих органів влади, державних підприємств, установ, організацій, навчальних закладів з питань, що належать до компетенції Міністерства, надавати їм методичну допомогу [12].

В останні роки увага науковців до досліджень в галузі цифрової трансформації постійно зростала, що привело до значного збільшення кількості статей, що стосуються різних її технологічних та організаційних аспектів. Зокрема, в [13] було проведено огляд 58 досліджень, опублікованих в наукових виданнях по всьому світу між 2001 і 2019 роками, що стосуються різних аспектів цифрової трансформації. Також було додатково проаналізовано 28 статей про радикальні технологічні зміни та 32 статті про корпоративне підприємництво в контексті цифрової трансформації.

У [14] представлено теоретичну модель реалізації цифрової трансформації у ЗВО. Але у роботі не приділено уваги системності цифрової трансформації процесів діяльності університетів. Також у розробленій теоретичній моделі не враховано можливості організаційного спротиву при проведенні трансформаційних процесів, які опрацьовані у роботі [15] щодо створення цифрового університету.

Чималу увагу викликає цифрова трансформація також і в українських дослідників. Дослідження різних аспектів цієї проблематики описано в [1; 16 – 20]. Вони зачіпають питання цифрової трансформації різноманітних організацій, в т. ч. у сфері освіти, а також трансформацію економіки в цілому.

Вища освіта – одна з найбільших галузей, яка має добрі позиції для отримання значних вигод від цифрової трансформації [10].

Заклади вищої освіти України користуються в своїй роботі як інформаційними системами, що є на ринку, так і власними розробками. Було досліджено інформаційні системи управління, що використовуються у ЗВО України, зокрема:

– АСУ «Університет» – розробник ТОВ «UNITEX+»;

– Пакет комп'ютерних систем ПП «Політек-софт»;

– АСУ «ВНЗ» – розробник Науково-дослідний інститут прикладних інформаційних технологій;

– ІАС «Університет» – розробник Херсонський державний університет;

– Електронна система управління ЗВО «Сократ» – розробник Вінницький національний аграрний університет;

– ІАС управління університетом – розробник Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького;

– системи управління навчальним процесом для закладів вищої освіти «Директива» та деякі інші.

Найбільш поширеним з них є пакет програм компанії Політек-СОФТ [21], що складається з модулів «Деканат», «ПС-ЄВРОДИПЛОМ», «ПС-Персонал», «ПС-Абітурієнт», «Колоквіум», «Бібліограф» та інших – його модулі використовуються більш, ніж в 30 ЗВО України.

Але використання готових програмних продуктів, що є на ринку, уособлює впровадження окремих фрагментарних рішень і не відповідає філософії цифрової трансформації. Оскільки в багатьох університетах використовуються системи різних розробників, необхідно здійснювати їх інтеграцію або як мінімум інтеграцію різноманітних баз даних, які використовуватимуть інформацію з інших систем. Готові програмні продукти не створюють єдину систему управління процесами ЗВО, не покривають усі об'єкти і процеси діяльності ЗВО та не враховують особливості окремого університету, а додаткові налаштування потребують подальших капіталовкладень [1]. Проведений в [19] аналіз наявних інформаційних систем управління ЗВО як в Україні, так і в країнах СНД, свідчить про те, що створення таких систем йде по шляху автоматизації окремих напрямів діяльності університетів.

Пошук відповіді на питання оптимального шляху проведення цифрової трансформації ЗВО приводить до появи нових понять та концепцій вирішення цієї проблеми. Зокрема, в [19] описано поняття єдиного інформаційного простору, побудова якого є метою проведення цифрової трансформації. Єдиний інформаційний простір визначається як те, що складається з інформаційних систем відповідного функціонального призначення і має забезпечувати доступ до актуальної інформації про стан навчальних, науково-дослідних та адміністративно-господарських процесів, а також давати змогу здійснювати управління і контроль над ними загалом.

В [1] дається дещо інша понятійна модель – інформаційний простір ЗВО визначається як

інформація, що отримується чи формується в ЗВО, яка необхідна для вирішення функціональних завдань закладу вищої освіти, без прив'язки до інструментів. В той же час вводиться поняття цифрового простору (ЦП) – реалізованих в комп'ютерних засобах сховищ цифрової інформації, програмних засобів роботи з цими сховищами та організаційної інфраструктури, яка забезпечує функціонування цього простору. Ключову роль в концепції грає поняття єдиного цифрового простору функціонування всіх інформаційних систем і технологій, який включає інформаційні та функціональні середовища, що існують в ЗВО.

Тому пропонується проводити цифрову трансформацію ЗВО задля створення єдиного цифрового простору, який стане фундаментом вирішення функціональних завдань в освітній, науковій, господарській, управлінській та інших сферах закладів вищої освіти [1].

В [20] дається більш детальний опис складових єдиного інформаційного простору: цифрове середовище, інструменти його формування, інструменти використання цифрового середовища, організаційні засади цифрової трансформації, методологія управління проектами діджиталізації. В роботі робиться наголос на важливості вироблення методологічної концепції управління проектами перетворення вітчизняних закладів вищої освіти в цифрові університети як частини повної технології цифрової трансформації. Однак відкритими залишилися питання створення окремого від функціональних завдань, що мають бути автоматизовані, цифрового простору, який є самостійним системоутворюючим компонентом цифрового закладу вищої освіти [20].

У [1] робиться висновок про важливість наукової і практичної значущості системотехнічного підходу цифрової трансформації ЗВО. Такий підхід поєднує визначення процесів ЗВО, ефективне управління ними в цифровому середовищі та використанні цього середовища для автоматизованого вирішення функціональних завдань ЗВО. Відповідно пропонується розробити системотехнічну концепцію цифрової трансформації закладів вищої освіти, яка б відображала процеси, функції, структури та інструменти управління проектами діджиталізації ЗВО та інтегрувала б використання цієї концепції з реальних умов та станом інформатизації, що існують в закладах вищої освіти України.

Мета та завдання дослідження

Метою роботи є створення концентричної інформаційної технології (КИТ) цифрової трансформації ЗВО, яка б інтегрувала всі

інформаційні бази, методи та засоби вирішення функціональних завдань в єдиний цифровий простір задля максимального забезпечення інформаційних потреб закладів вищої освіти.

Для досягнення наведеної мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Розробити нову концентричну модель інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО, дає змогу дозволяє інтегрувати методи і засоби управління інформацією задля створення єдиного цифрового простору ЗВО.

2. Створити новий функціонально незалежний метод управління інформацією закладів вищої освіти, який допомагає створювати універсальні інструменти діджиталізації, незалежні від складу і специфіки побудови засобів вирішення функціональних завдань.

3. Удосконалити моделі обміну інформацією при вирішенні функціональних завдань ЗВО за рахунок створення функціонально незалежних інструментів міжшарової інформаційної взаємодії засобів діджиталізації, що дає змогу вирішити завдання інформаційного забезпечення процесів навчання, наукових досліджень, господарської роботи, управління закладами вищої освіти тощо.

4. Практично реалізувати запропоновану інформаційну технологію цифрової трансформації ЗВО.

Виклад основного матеріалу

Концентрична модель інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО

Метою цифрової трансформації є розвиток ЗВО через створення та використання цифрового простору (ЦП). Зазвичай цифровий простір розуміється як сукупність документів, які є в ЗВО, інформаційних баз та засобів їх ведення, а також інструментів вирішення функціональних завдань. Отже, чим більше завдань, інформаційних баз і інструментів, тим різноплановішим буде цифровий простір і тим складніше створити єдину систему інформації і засобів її опрацювання. Для створення такої системи потрібно структурувати цей простір.

Нормативно-довідкова інформація. В основі простору перебуває постійна (або умовно-постійна) інформація, яка належить до нормативно-довідкової бази. В умовах ЗВО вона включає, наприклад, опис студентів, документи про освіту: дипломи, атестати, додатки до дипломів, дані, які відображають інформаційний простір ЗВО (підрозділи, керівники, опис викладачів тощо).

Нормативно-довідкова інформація використовується як для вирішення функціональних завдань, так і для формування тієї частини цифрового простору, яка використовується для вирішення цих

завдань. Цю частину цифрового простору назвемо функціональною інформаційною базою.

Функціональна інформаційна база. Це інформація, яка використовується чи яка є продуктом вирішення функціональних завдань. Зокрема, це:

- інформація, що супроводжує діяльність студентів: оцінки, подяки і догани, проживання в гуртожитках, участь в конкурсах, олімпіадах, художній самодіяльності, спортивних заходах і т.п.;

- інформація освітнього процесу: екзаменаційні, залікові, та інші відомості, журнали відвідуваності і т. п.;

- навчальні і робочі навчальні плани: дисципліни, види занять, обсяги роботи;

- навчальні матеріали (файли): конспекти лекцій, презентації, методичні вказівки, посібники, підручники, відеолекції і т. п.;

- річне навчальне навантаження по кафедрах;

- план навчального процесу: графік навчального процесу, розклад занять;

- робочі програми: формальний опис дисциплін.

Мета цифрової трансформації – максимальна вигода від цифрового простору при мінімальних витратах на його формування. Це впливає з такої моделі. Нехай

$$\exists F_l : I_l = F_l(N_j, I_k), \quad (1)$$

де F_l – інформаційна функція; I_l – вихідна інформація; N_j – нормативно-довідкова інформація, необхідна для отримання вихідної інформації I_l ; I_k – вхідна інформація, яка необхідна для отримання вихідної інформації I_l .

Кожна інформація характеризується витратами на її отримання та ефектом від використання

$$\forall I_l = \langle R_l, S_l \rangle, \quad (2)$$

де R_l – вигода від отримання інформації I_l ; S_l – витрати на отримання інформації I_l .

З використанням моделі витрат – вигод ефективна інформаційна технологія цифрової трансформації має забезпечити

$$\sum_l R_l - S_l \rightarrow \max, \quad (3)$$

при обмеженнях

1. Задані функції (1).
2. Задані витрати – вигоди (2).
3. Задано обмеження бюджету

$$\sum_l S_l \leq S_0,$$

де S_0 – бюджет проекту цифрової трансформації.

У такій постановці завдань, якщо винести функції отримання інформації (1) за межі функціональних завдань, і якщо одна і та ж

інформація буде використана для розв'язання різних завдань, то вираз (3) буде максимізовано. Дійсно, якщо

$$\exists F_u, I_k, I_l : I_l = F_l(N_j, I_u); I_k = F_k(N_m, I_u), \quad (4)$$

де F_u – інформаційна функція; I_k, I_l – вихідна інформація; N_j – нормативно-довідкова інформація, яка необхідна для отримання вихідної інформації I_l ; N_m – нормативно-довідкова інформація, яка необхідна для отримання вихідної інформації I_k ; I_u – вхідна інформація, яка необхідна для отримання вихідної інформації I_l і I_k , то різниця вигодами і витратами буде дорівнювати

$$R_l - S_l + R_k - S_k - S_u \geq R_l - S_l + R_k - S_k - S_u - S_u \quad (5)$$

де S_u – вартість отримання інформації, яка не має власної цінності ($R_u = 0$), але яка може бути отримана двічі в рамках різних функціональних завдань, або один раз в рамках системи управління інформацією.

Наповнення, ведення і використання функціональної інформаційної бази в традиційних інформаційних системах виконується в засобах розв'язання функціональних завдань – управління навчальним процесом, управлінського і бухгалтерського обліку, управління документообігом тощо. Для створення цифрового простору ЗВО необхідно стандартизувати інструменти, які реалізують алгоритми наповнення, ведення і використання функціональної інформаційної бази, відокремили їх від засобів розв'язання функціональних завдань. Створити технологію управління інформацією цифрового ЗВО.

Технологія управління інформацією цифрового ЗВО. Як було показано вище, завдання створення цифрового простору має бути відокремлене від функціональних завдань, які підлягають автоматизації і являють собою самостійний системоутворюючий компонент цифрового ЗВО.

Для цього необхідне створення наскрізної (відносно функціональних завдань) технології управління інформацією закладу вищої освіти. За наявності такої інформаційної технології спрощується і питання розв'язання функціональних задач. Передусім тому що низка функцій опрацювання інформації переноситься в технологію управління інформацією цифрового ЗВО. По-друге, засоби розв'язання функціональних завдань будуть оперувати інформацією, яка є загальнодоступною і яка формується колективно всіма інструментами цифрового ЗВО, а не належить лише цій задачі і формується її інструментами.

З формули (3) випливає важливість виділення, отримання і зберігання інформації, яка використовується в різних функціональних завданнях, в централізованому інформаційному середовищі, незалежному від цих завдань. Для його формування необхідно створити технологію управління інформацією цифрового ЗВО.

Сутність методу управління інформацією закладів вищої освіти, який допомагає створювати універсальні інструменти діджиталізації, незалежні від складу і специфіки побудови засобів розв'язання функціональних завдань полягає в такому:

1. Ідентифікація інформаційних функцій. Нехай

$$\exists F_l^z : I_l^z = F_l^z(N_j, I_s^z), \quad (6)$$

де F_l^z – інформаційна функція l для розв'язання функціональної задачі Γ_z ; I_l^z – вихідна інформація, потрібна для розв'язання функціональної задачі Γ_z ; N_j – нормативно-довідкова інформація, яка необхідна для отримання вихідної інформації I_l^z ; I_s^z – вхідна інформація, яка необхідна для отримання інформації I_l^z тільки в рамках F_l^z .

2. Розрахунок витрат на реалізацію функцій для отримання вхідної інформації. Вхідна інформація теж характеризується витратами на її реалізацію та нульовим ефектом від використання (адже вона самостійно не використовується, а є ресурсом розв'язання задачі)

$$\forall I_s^z = \langle 0, S_s \rangle,$$

де S_s – витрати на отримання інформації I_s^z деякою функцією F_s^z :

$$I_s^z = F_s^z(N, \Psi),$$

де N – нормативно-довідкова база; Ψ – інформаційний простір ЗВО.

3. Реалізація інформаційних функцій. Для реалізації кожної з функцій, яка працює з інформацією конкретної функціональної задачі, і необхідно реалізувати деяку технологію, яка містить процедури:

$$\forall F_s^z \exists A_s^z : F_s^z = \Phi(A_s^z);$$

$$A_s^z = \langle \bigcup_i \Pi_{si}^z \rangle,$$

де A_s^z – інформаційна технологія реалізації функції F_s^z ; Π_{si}^z – інформаційна процедура технології A_s^z ; $\Phi(A_s^z)$ – реалізація технології A_s^z в цифровому просторі ЗВО.

4. Виділення процедур, незалежних від складу і специфіки побудови засобів розв'язання функціональних завдань. Якщо серед інформаційних

процедур розв'язання функціональних задач знайдуться такі

$$\exists \Pi_{si}^{zk}, \Pi_{sj}^{zr} : \Pi_{si}^{zk} = \Pi_{sj}^{zr}, \quad (7)$$

де Π_{si}^{zk} – процедура технології A_s^{zk} розв'язання функціональної задачі Γ_{zk} ; Π_{sj}^{zr} – процедура технології A_s^{zr} розв'язання функціональної задачі Γ_{zr} , то в такій постановці задачі, якщо винести такі процедури (7) за інформаційні технології розв'язання функціональних завдань і якщо створений на основі цих процедур програмний засіб буде використано для розв'язання різних задач, то відповідно вираз (3) буде максимізовано, як це показано у формулі (5).

Безумовно, до таких процедур належать процедури добазового опрацювання первинної документації. Адже добазове опрацювання вимагає сканування паперових документів, внесення у вікна інтерфейсу даних, які будуть записані в інформаційну базу, їх верифікацію, синхронізацію, пошук відповідних елементів у нормативно-довідковій інформації.

Використовуючи систему управління інформацією легше створити інформаційну технологію розв'язання функціональних завдань ЗВО.

Інформаційна технологія розв'язання функціональних завдань. На відміну від традиційного підходу, інформаційна технологія розв'язання функціональних завдань використовує інформаційний ресурс, створений в рамках технології управління інформацією і розміщений в базах нормативно-довідкової інформації і інформації функціональних завдань ЗВО. Отже, з технології виключаються процедури, які використовують методи і засоби добазового опрацювання інформації та управління інформацією ЗВО. В іншому інструменті цієї технології, як і традиційних інформаційних системах, вирішують задачі: бухгалтерського і управлінського обліку, управління освітнім і науковим процесом, господарською роботою, міжнародною співпрацею і університетом та інші. При такому підході зникає необхідність інтеграції систем, що розв'язують наведені задачі, оскільки вони використовують єдине цифрове середовище, створене в рамках технології управління інформацією ЗВО.

Інформаційна технологія розв'язання функціональних завдань орієнтована на реалізацію функцій:

1. Управління освітнім процесом, у т.ч. проектування і опрацювання навчальних і робочих навчальних планів, розрахунок навчального навантаження, дистанційне навчання, електронне тестування, формування розкладу занять.

2. Бухгалтерського і управлінського обліку.
3. Формування електронної документації та інформації, що відображає хід та результати навчання студентів (відомості, накази і розпорядження, доповідні записки і т.п.).
4. Планування і контроль виконання інноваційних проєктів університету, проєктів модернізації і розвитку, наукових проєктів.
5. Управління господарською роботою, в т.ч. закупівлею матеріально-технічних ресурсів.
6. Управління закладом вищої освіти, в т.ч. контроль виконання доручень.

Ці функції не тільки розв'язують функціональні задачі, але й створюють інформаційний ресурс технології забезпечення діяльності ЗВО.

Інформаційна технологія забезпечення діяльності закладів вищої освіти. Ця технологія базується на інструментах, які спрямовані на досягнення мети цифрової трансформації ЗВО – максимального забезпечення інформаційних потреб закладів вищої освіти. Для досягнення цієї мети необхідно спрямувати описані інструменти цифрової трансформації на вирішення завдань інформаційного забезпечення діяльності закладу вищої освіти. По суті інструменти управління інформацією і вирішення функціональних завдань мають не тільки наповнювати інформаційні бази даними, які є вхідними чи вихідними для цих технологій, але й інформацією, яка є ресурсом працівників підприємства у виробничій чи управлінській діяльності. Це додаткова задача цифрової трансформації, яка покладається на інформаційну технологію забезпечення діяльності ЗВО. Виходячи з цього, інформаційна технологія забезпечення діяльності ЗВО має реалізувати функції:

1. Функції надання затребуваної інформації співробітникам закладів вищої освіти – Споживачам інформаційного ресурсу. Ці функції ведуть відбір затребуваної інформації та її передачу Споживачам. Ця інформація має перебувати в нормативно-довідковій базі чи в інформаційній базі функціональних завдань. Але вона, зазвичай, перебуває не в тому вигляді, який потрібен Споживачу. Тому потрібне розроблення додаткових інструментів доступу до цих баз і представлення інформації в потрібному вигляді.

2. Функції формування контенту сайтів ЗВО та підрозділів. Їх реалізація спрямована на надання необхідної інформації не тільки працівникам ЗВО, але й зовнішнім Споживачам, які цікавляться життям закладу вищої освіти. Ці функції ведуть відбір потрібної інформації з інформаційних баз (НДІ і функціональних завдань), чи вводяться працівниками ЗВО, та відбувається її розміщення на сайтах. Зазвичай інформація поділяється на дві категорії: отримана з інформаційних баз; введена працівниками ЗВО (зазвичай, спеціальним підрозділом).

3. Функції інформаційного забезпечення діяльності ЗВО, які є складовими систем управління інформацією. Надають потрібну інформацію працівникам ЗВО в режимах управління інформацією: електронний документообіг, контроль виконання доручень, цифровий архів документів, комунікації.

Для запитів, що часто повторюються, необхідно створювати інформаційні шаблони, формувати їх при відповідних змінах в інформаційних базах (наприклад, звіти з виконання завдань) і зберігати їх в готовому вигляді. Таким чином необхідно вести статистику забезпечення діяльності ЗВО і, виходячи з цієї статистики, створювати такі шаблони, які автоматично будуть формуватися в КІТ.

Нехай

$$\exists I_q^*, Y = \{y_j\}, j = \overline{1, n} : \rho(y_j, I_q^*) = true, \quad (8)$$

де y_j – споживач інформації; I_q^* – інформація, необхідна для забезпечення діяльності ЗВО; $\rho(y_j, I_q^*)$ – предикат потреби Споживача y_j в інформації I_q^* ; n – кількість споживачів, яким необхідна інформація I_q^* .

Якщо $n > n_0$, то, очевидно, потрібно створити шаблон (форму і програмні засоби), який дасть змогу автоматично отримувати необхідну для забезпечення діяльності ЗВО інформацію.

Структура концентричної інформаційної технології цифрової трансформації закладу вищої освіти та моделі міжшарової взаємодії. Для того щоб перейти від концепції, що ґрунтується на локальному (позадачному) підході до побудови цифрового ЗВО, до концепції, яка включає наведену вище структуру компонентів цифрового простору, необхідно об'єднати: нормативно-довідкову інформацію, функціональне інформаційне середовище, інформаційну технологію управління інформацією ЗВО, інформаційну технологію вирішення функціональних завдань і інформаційну технологію забезпечення діяльності ЗВО в єдину інформаційну технологію цифрової трансформації. Наведене представлення компонентів цифрового простору можна представити у вигляді концентричної моделі інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО (рисунок).

Таке представлення КІТ дає змогу розподілити всю сукупність функціональних засобів і інформаційних баз до 5 шарів. Це дає змогу перейти у взаємодії компонентів такої технології від принципу «кожна задача з кожною через інтеграцію баз даних» до міжшарової взаємодії, в якій беруть участь тільки пов'язані між собою компоненти.



Рисунок – Концентрична модель інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО

Розглянемо міжшарову інформаційну взаємодію.

1. Взаємодія між інструментами інформаційної технології забезпечення діяльності ЗВО та інструментами інформаційної технології вирішення функціональних завдань.

Технологія забезпечення діяльності ЗВО впливає на форму і зміст вихідної інформації в інструментах інформаційної технології задля максимального забезпечення інформаційних потреб користувачів:

$$\forall I_q^* \exists I_s^z : I_q^* = f(I_s^z). \text{ Якщо } I_s^z \xrightarrow{\Pi_{sq}^z} I_q^* \& \exists \Pi_{qs}^z, \text{ то } \exists D_{qs}^z \quad (9)$$

$$p(\Pi_{qs}^z / D_{qs}^z) > p(\Pi_{qs}^z) > 0,$$

де I_q^* – інформація, необхідна для забезпечення діяльності ЗВО; I_s^z – інформація, яка формується в технології вирішення функціональних завдань A_s^z ; $\overline{D_{qs}^z}$ – вплив того, що процедура отримання інформації I_q^* з інформації, яка формується в технології розв’язання функціональних завдань I_s^z , відсутня; $I_q^* = f(I_s^z)$ – функція залежності інформації I_q^* від інформації, яка формується в технології розв’язання функціональних завдань I_s^z ; Π_{qs}^z – процедура отримання інформації I_q^* з інформації, яка формується в технології розв’язання функціональних завдань I_s^z ; $p(\Pi_{qs}^z)$ – безумовна ймовірність створення процедури Π_{qs}^z ; $p(\Pi_{qs}^z / D_{qs}^z)$ – ймовірність створення процедури Π_{qs}^z за умови існування впливу $\overline{D_{qs}^z}$.

2. Взаємодія між інструментами технології вирішення функціональних завдань ЗВО та інструментами технології управління інформацією.

Зміни в технології управління інформацією є джерелом змін у технології вирішення функціональних завдань ЗВО в тому випадку, коли інформація, потрібна для вирішення функціональних завдань, формується в інших завданнях і надходить в систему управління інформацією згідно з формулами (6) – (7). Цей вплив описується наступною моделлю.

Якщо в технологію управління інформацією буде додано процедуру Π_r^u , яка формує інформацію I_r^u , і ця інформація може бути використана в процедурі Π_{qs}^z функціональної задачі Γ_z , то

$$\exists D_r^u : \overline{p(\Pi_{qs}^z / D_r^u)} > \overline{p(\Pi_{qs}^z)} > 0, \quad (10)$$

де D_r^u – вплив того, що в процедурі технології управління інформацією Π_r^u отримується інформація I_r^u , яка використовується в процедурі Π_{qs}^z технології розв’язання функціональних завдань; $I_q^* = f(I_s^z)$ – функція залежності інформації I_q^* від інформації, яка формується в технології розв’язання функціональних завдань I_s^z ; Π_{qs}^z – процедура отримання інформації I_q^* з інформації, яка формується в технології розв’язання функціональних задач I_s^z ; $p(\Pi_{qs}^z)$ – безумовна ймовірність спрощення процедури Π_{qs}^z ; $\overline{p(\Pi_{qs}^z / D_r^u)}$ – ймовірність спрощення процедури Π_{qs}^z за умови існування впливу D_r^u .

Реалізація КІТ в інформаційно-аналітичній системі підтримки освітньої діяльності університету

В рамках реалізації концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО, використовуючи функціонально-незалежний метод управління інформацією закладів вищої освіти та удосконалені моделі обміну інформацією при розв’язанні функціональних завдань ЗВО за рахунок створення функціонально-незалежних інструментів міжшарової інформаційної взаємодії засобів діджиталізації, була розроблена інформаційно-аналітична система підтримки освітньої діяльності університету (ІАСПОД). Методологічною основою для розробки ІАСПОД стало використання інтегрованого системного, процесного та проєктного підходів до створення інструментів побудови та використання цифрового інформаційного простору університету[1]. Ця система є базою, на основі якої

можна розширювати цифровий інформаційний простір на інші сфери діяльності університету.

В рамках ІАСПОД розроблено технологію наповнення і використання цифрового простору. Всі бази даних, програмне забезпечення шарів концентричної інформаційної технології та супутнє програмне забезпечення розміщені на серверах Черкаського державного технологічного університету.

1. Шар нормативно-довідкової інформації включає базу даних з 21 таблиці та близько 80 інших об'єктів бази даних. Використовується реляційна СУБД PostgreSQL 9.6. Забезпечує зберігання та контроль цілісності інформації про сутності, що мають нормативно-довідковий характер і можуть використовуватися всіма користувачами у всіх функціональних модулях.

2. Шар функціональної інформаційної бази. Включає базу даних з 36 таблиць та близько 130 інших об'єктів бази даних. Використовується реляційна СУБД PostgreSQL 9.6. Забезпечує зберігання та контроль цілісності інформації про сутності, що мають стосунок до певних функціональних блоків і можуть використовуватись певною групою або групами користувачів.

3. Шар технології управління інформацією. Включає програмні інструменти наповнення цифрового простору даними нормативно-довідкового характеру і даними, специфічними для різних галузей освітньої діяльності ЗВО. Побудований у вигляді вебсистеми на основі REST-архітектури із серверною та клієнтською частинами. Серверна частина розроблена на основі технологій Java з використанням Spring Framework; клієнтська частина розроблена на основі технологій JavaScript з використанням Angular. Включає 36 таблиць та 47 функцій опрацювання інформації в середовищі СУБД PostgreSQL 9.6.

4. Шар розв'язання функціональних завдань складається з інформаційних систем, кожна з яких вирішує своє коло функціональних завдань, характерних для діяльності певного підрозділу чи для певного бізнес-процесу ЗВО.

Найбільшою з функціональних систем є інформаційна система деканату. Вона дає змогу проводити бізнес-операції з інформацією про студентів, а також формувати великий перелік формальних і неформальних документів.

Системи побудовані у вигляді вебсистем на основі REST-архітектури із серверною та клієнтською частинами. Серверні частини розроблені на основі технологій Java з використанням Spring Framework та JavaScript з використанням Express Framework; клієнтські частини розроблені на основі технологій JavaScript з використанням Angular Framework та на основі технологій мобільних пристроїв (Java, Swift).

5. Шар інформаційної технології забезпечення діяльності закладу вищої освіти реалізовано у вигляді набору інформаційних шаблонів запитів, що опрацьовуються програмним модулем, побудованим на основі Java-технологій.

Висновки

Традиційні підходи до інформатизації діяльності ЗВО, що концентруються на функціональній автоматизації, вже не відповідають вимогам часу. Сучасні світові тенденції розвитку як освіти, так і управління освітніми закладами спрямовані на їхню цифрову трансформацію. Тому виникає потреба в розробленні методологічної та технологічної бази такої трансформації.

В рамках запропонованої роботи було досліджено сучасний стан використання інформаційних систем в закладах вищої освіти та проблематику цифрової трансформації ЗВО. Було виявлено проблему розрізненості інструментів автоматизації, які не об'єднані в єдину систему вирішення функціональних завдань ЗВО, що не дає змогу ефективно реалізувати проекти діджиталізації та створити єдину систему побудови цифрових ЗВО.

Запропоновано вирішувати проблему цифрової трансформації ЗВО на основі використання розробленої в рамках цього дослідження концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО, яка інтегрує всі інформаційні бази, методи та засоби розв'язання функціональних завдань в єдиний цифровий простір задля максимального забезпечення інформаційних потреб закладів вищої освіти.

Ця технологія базується на розроблених в рамках дослідження:

– концентричній моделі інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО, яка допомагає інтегрувати методи і засоби управління інформацією задля створення єдиного цифрового простору ЗВО;

– функціонально незалежному методі управління інформацією закладів вищої освіти, який дає змогу створювати універсальні інструменти інформатизації, які є незалежними від складу і специфіки побудови створюваних засобів вирішення функціональних завдань;

– моделях міжшарової інформаційної взаємодії, що забезпечують обмін інформацією між сусідніми шарами в концентричній моделі при вирішенні функціональних завдань ЗВО.

Розроблена інформаційна технологія цифрової трансформації ЗВО використана при реалізації Інформаційно-аналітичної системи підтримки освітньої діяльності університету, яка розроблена та впроваджена в Черкаському державному технологічному університеті.

Список літератури

1. Teslia I., Yehorchenkova N., Khlevna I., Kataieva Y., Latysheva T., Yehorchenkov O., Khlevnyi A., Veretelnik V . Development of systemotechnical concept of digitalization of higher education institutions. *Eastern European Journal of Advanced Technologies*. 2020. 6/2(108). P. 6 – 21.
2. Глушков В. М. Основы безбумажной информатики. Москва : Наука, 1987. 552 с.
3. Тимченко А. А., Родионов А. А. Основы информатики системного проектирования объектов новой техники. Киев. Наукова думка, 1991. 152 с.
4. Тимченко А. А. Основы системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: Основы системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки. Київ : Либідь, 2004. 288 с.
5. Зиндер Е. З. Новое системное проектирование: информационные технологии и бизнес-реинжиниринг. *СУБД*, 1996. № 1. С. 55 – 67.
6. Alan Eardley, Hanifa Shahand, Andrea Radman. A model for improving the role of IT in BPR. *Business Process Management Journal*. 2008. Vol. 14, No 5. P. 629 – 653.
7. Данченко О. Б. Практичні аспекти реінжинірингу бізнес-процесів. Київ : Університет економіки та права "КРОК", 2014. 238 с.
8. Заспа Г. О., Данченко О. Б. Інформаційна система як рушійна сила оптимізації управління компанією. *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці" (ІТОИТ-2014): II Міжнар. науково-практ. конф., Черкаси, 2014. Т.1. С. 94 – 95.*
9. Andrew Annacone. The 4 Types of Digital Transformation. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/4-types-digital-transformation-andrew-annacone> (дата звернення 06.10.2020).
10. Eric Spear. Digital Transformation in Higher Education: Trends, Tips, Examples & More. URL: <https://precisioncampus.com/blog/digital-transformation-higher-education> (дата звернення 08.10.2020).
11. Gregory Vial. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*. 2019. Volume 28, Issue 2. P. 118 – 144.
12. Положення про Міністерство цифрової трансформації України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/nps/pitannya-ministerstva-cifrovoi-t180919> (дата звернення 09.10.2020).
13. Swen Nadkarni, Reinhard Prügl. Digital transformation: a review, synthesis and opportunities for future research. *Management Review Quarterly*. 2020. DOI: 10.1007/s11301-020-00185-7.
14. Mora H. L. Sánchez P. P. Digital Transformation in Higher Education Institutions with Business Process Management. Robotic Process Automation mediation model. 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2020. P. 1–6, DOI: 10.23919/CISTI49556.2020.9140851.
15. The 2018 digital university. Staying relevant in the digital age. URL: <https://www.pwc.co.uk/assets/pdf/the-2018-digital-university-staying-relevant-in-the-digital-age.pdf> (дата звернення 09.10.2020).
16. Трушкіна Н. В., Ринкевич Н. С. Цифрова трансформація бізнес-процесів на підприємствах: реалії та сучасні виклики. *Побудова інформаційного суспільства: ресурси і технології* : матеріали XVIII Міжнар. науково-практ. конф., м. Київ, 19-20 вересня 2019 р. Київ, 2019. С.130 – 133.
17. Грищенко В. И., Бажан Л. И. Цифровая трансформация экономики. *Управляющие системы и машины*. 2017. № 6. С. 3 – 16.
18. Ковтонюк К. В. Цифрова трансформація світової економіки. *Вчені записки Університету «КРОК»*. Київ, 2017. Вип. 47. С. 70 – 76.
19. Гужва В. М. Цифрова трансформація університетів. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2019. 4(21). С. 597 – 604.
20. Єгорченкова Н. Ю., Тесля Ю. М., Хлевна Ю. Л., Кичань О. М. Методологічні аспекти створення цифрового університету. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. 2020. № 1. С. 31–36. DOI: 10.20998/2413-3000.2020.1.4.
21. Програмне забезпечення для вищих навчальних закладів України "Політек-СОФТ". URL: <http://www.politek-soft.kiev.ua>.

Стаття надійшла до редколегії 02.10.2020

Teslia Iurii

DSc (Eng.), Professor, Department of Management Technology, orcid.org/0000-0002-5185-6947
National Aviation University, Kyiv

Zaspa Hryhoriy

Senior Lecturer of Department of Automated Systems Software, orcid.org/0000-0001-8726-7100
Cherkasy State Technological University, Cherkasy

**DEVELOPMENT OF CONCENTRIC INFORMATION TECHNOLOGY
OF DIGITAL TRANSFORMATION OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS**

Abstract. Modern world trends in education are aimed at the digital transformation of educational institutions. Traditional approaches to higher education institutions informatization through their automation no longer meet the requirements of the time. Therefore, new approaches are needed, based on the digitalization of educational processes aimed at creating digital universities. For this purpose, the current state of information systems in higher education institutions use and the issue of higher education institutions digital transformation were studied. The problem of automation tools separation was revealed, which does not allow to effectively implement digitalization projects, does not allow to create a single system of building digital universities. It is proposed to solve the digital transformation of higher education institutions problem based on the use of concentric information

technology developed in this study, which integrates all information bases, methods and means of solving functional problems into a single digital space to maximize information needs of higher education institutions. This technology is based on the following developed in the study: 1) concentric model of information technology of digital transformation of higher education institutions, which allows to integrate methods and tools of information management to create a single higher education institutions digital space; 2) functionally independent method of information management of higher education institutions, which allows to create universal tools of informatization, which are independent of the composition and specifics of the construction of the created tools of solving functional problems; 3) interlayer information interaction methods, providing reflection in the processes of each of the layers of changes in the information environment of neighboring layers. The results of the study were used in the construction of information and analytical system of the university educational activities support, which was developed and implemented at Cherkasy State Technological University.

Keywords: digital transformation; higher education institutions; concentric information technology; information management; methods of interlayer information interaction

References

1. Teslia, I., Yehorchenkova, N., Khlevna, I., Kataieva, Y., Latysheva, T., Yehorchenkov, O., Khlevnyi, A., Veretelnik, V. (2020). Development of systemotechnical concept of digitalization of higher education institutions. *Eastern European Journal of Advanced Technologies*, 6/2(108), 6–21.
2. Glushkov, V. M. (1987). *Fundamentals of Paperless Informatics*. Science.
3. Tymchenko, A. A., Rodionov, A. A. (1991). *Fundamentals of Informatics of New Technology Objects Design*. Scientific Thought.
4. Tymchenko, A. A. (2004). *Fundamentals of Complex Objects System Design and System Analysis: Fundamentals of System Approach and System Analysis of New Technology Objects*. Lybid.
5. Zinder, E. Z. (1996). *New System Design: Information Technology and Business Reengineering*. SUBD, 1, 55–67.
6. Eardley, A., Shahand, H., Radman, A. (2008). A model for improving the role of IT in BPR. *Business Process Management Journal*, 14(5), 629–653.
7. Danchenko, O. B. (2014). *Practical Aspects of Business Process Reengineering*. University of Economics and Law "KROK".
8. Zaspá, H. O., Danchenko, O. B. (2014). Information System as a Driving Force for Optimizing Company Management. *Proc. II International Scientific-Practical Conference "Information technology in education, science and technology" (ITEST-2014)*, 1, 94–95.
9. Annacone, A. (2020). The 4 Types of Digital Transformation. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/4-types-digital-transformation-andrew-annacone>
10. Spea, E. (2020). Digital Transformation in Higher Education: Trends, Tips, Examples & More. URL: <https://precisioncampus.com/blog/digital-transformation-higher-education>
11. Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144.
12. Regulations on the Ministry of Digital Transformation of Ukraine. (2020). URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pitannya-ministerstva-cifrovoyi-t180919>.
13. Nadkarni, S., Prügl, R. (2020). Digital transformation: a review, synthesis and opportunities for future research. *Management Review Quarterly*. doi: 10.1007/s11301-020-00185-7
14. Mora, H. L., Sánchez, P. P. (2020). Digital Transformation in Higher Education Institutions with Business Process Management. Robotic Process Automation mediation model. *Proc. 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–6. Doi: 10.23919/CISTI49556.2020.9140851.
15. The 2018 digital university. Staying relevant in the digital age. (2018). URL: <https://www.pwc.co.uk/assets/pdf/the-2018-digital-university-staying-relevant-in-the-digital-age.pdf>.
16. Trushkina, N. V., Rynkevych, N. S. (2018). Digital Transformation of Business Processes at Enterprises: Reality and Modern Challenges. *Proc. XVIII International Scientific-Practical Conference "Building Information Society: Resources and Technologies"*, 130–133.
17. Gritsenko, V. I., Bazhan, L. I. (2017). Digital Transformation of Economics. *Control Systems and Machines*, 6, 3–16.
18. Kovtoniuk, K. V. (2017). World Economics Digital Transformation. *Scientific Records of "KROK" University*, 47.
19. Huzhva, V. M. (2019). Universities Digital Transformation. *Eastern Europe: Economics, Business and Management*, 4(21), 597–604.
20. Yehorchenkova, N., Teslia, I., Khlevna, I., Kichan, O. (2020). Methodological aspects of creating a digital university. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Strategic management, portfolio management, programs and projects*, 1, 31–36. DOI: 10.20998 / 2413-3000.2020.1.4.
21. Software for higher educational institutions of Ukraine "PolytekSOFT". (2020). URL: <http://www.politek-soft.kiev.ua>.

Посилання на публікацію

- APA Teslia, I., Zaspá, H. Development of concentric information technology of digital transformation of higher education institutions. *Management of Development of Complex Systems*, 44, 105 – 115, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.105-115](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.105-115).
- ДСТУ Тесля Ю. М., Заспа Г. О. Розробка концентричної інформаційної технології цифрової трансформації закладів вищої освіти. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2020. № 44. С. 105 – 115, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.105-115](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.105-115).